

Flexible wing part for jet aircraft incorporates piezoelectric actuator in wing to cause movement at flexure to change wing shape for maneuvering

Patent number: DE10054643
Publication date: 2002-05-16
Inventor: BREITBACH ELMAR (DE); BUETER ANDREAS (DE);
ANHALT CHRISTIAN (DE)
Applicant: DEUTSCH ZENTR LUFT & RAUMFAHRT (DE)
Classification:
- **International:** B64C3/50
- **European:** B64C3/48
Application number: DE20001054643 20001103
Priority number(s): DE20001054643 20001103

Report a data error here

Abstract of DE10054643

The aircraft wing incorporates ailerons and extending flaps. It has a spar (1) with a portion of reduced thickness (6) which acts as a flexure. A piezoelectric actuator (8) is set in the spar to cause it to bend. There may be a cavity, closed on one side by the remaining thickness of the spar (7), and there is a hooked overlapping portion (43,44) on the other side.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 100 54 643 A 1**

51 Int. Cl.⁷:
B 64 C 3/50

21 Aktenzeichen: 100 54 643.9
22 Anmeldetag: 3. 11. 2000
43 Offenlegungstag: 16. 5. 2002

DE 100 54 643 A 1

71 Anmelder:
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.,
51147 Köln, DE
74 Vertreter:
Einsel und Kollegen, 38102 Braunschweig

72 Erfinder:
Breitbach, Elmar, Prof.Dr., 37075 Göttingen, DE;
Büter, Andreas, Dr., 38102 Braunschweig, DE;
Anhalt, Christian, Dipl.-Ing., 06528 Blankenheim,
DE

56 Entgegenhaltungen:
DE 198 59 041 C1
HALTROP, John W.: "Adaptive Composite Wing" in:
US-Navy Technical Disclosure Bulletin" Vol. 10,
No. 4, June 1985;
DE-Z: ?, S. 215 (Prüfstoff ohne Datum, ca 50iger
Jahre letzten Jahrh.);

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Bauelement mit steuerbarer Verformung

57 Bei einem Bauelement mit steuerbarer Verformung mittels eines Aktuators sind im Bauelement zwischen zwei Befestigungsprodukten eine einseitige, gezielte Schwächung und ein integrierter Aktuator im Bereich der Schwächung vorgesehen. Bei Flugzeugen können durch den Einsatz dieses Aktuatorsegmentes die durch wechselnde Luftkräfte verursachten Klappvibrationen aktiv gemindert werden. Ein solches Aktuatorsegment kann an allen Steuerflächen eines Flugzeuges eingesetzt werden. Insbesondere auch in der Vorderkantenklappe oder in der Hinterkantenklappe.

DE 100 54 643 A 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Bauelement mit steuerbarer Verformung.

[0002] In vielen Anwendungsbereichen werden heutzutage Aktuatoren für steuerbare Verformungen eingesetzt. Insbesondere in der Luftfahrttechnik ermöglichen sie ein steuerbares Verformungsverhalten entsprechend ausgerüsteter Bauelemente. Zu denken ist dabei beispielsweise an ausfahrbare Landeklappensysteme, sogenannte Fowlerklappen moderner Verkehrsflugzeuge. Diese unterliegen nämlich im ausgefahrenen Zustand einer besonderen Beanspruchung. Zum einen ist die Klappenposition gezielt zu verändern. Zum zweiten treten auch Manöverlasten auf, die zu einer elastischen Verformung, etwa Biegung und Torsion der Klappe beitragen. Strukturmechanisch wird dem durch aufwendige und gewichtserhöhende Stützstellen, sogenannte Tracks, entgegengewirkt.

[0003] Der Einsatz von Aktuatoren gerade bei solchen Anwendungsfällen ist sehr problematisch. Eine an sich gewünschte Integration von Aktuatoren, hier also Translatoren bzw. Stellelementen in eine Struktur mit einer Steifigkeit c_s war bisher wegen mangelnder Effizienz nicht möglich. Bei einem Einsatz erfolgt nämlich aufgrund der sich ergebenden Wegabhängigkeit der auf den Translator wirkenden Kraft eine Minderung der Effizienz dieses Translators. Alle Anwendungen, bei denen ein Stellelement mit der Steifigkeit c_T gegen eine Feder oder gegen eine Wand drückt, fallen unter diesen Gesichtspunkt. Dabei ist die Kraft umso größer, je mehr sich der Translator ausdehnt.

[0004] Je steifer eine Einspannung ist, je größer also die erwähnte Federkonstante c_s dieser Einspannung oder Struktur wird, desto kleiner wird der Weg, den das Stellelement bzw. der Translator oder Aktuator beim Betrieb mit seiner maximalen Feldstärke ausführen kann. Ein Teil der erzeugten Längenänderung wird durch die eigene Elastizität des Elements c_T wieder zusammengedrückt. Die nach außen wirksame Ausdehnung Δl beträgt nämlich

$$\Delta l = \frac{\Delta l_0 \times c_T}{c_s + c_T}$$

[0005] Dabei stellt Δl_0 die ohne Krafteinwirkung erreichbare Längenänderung des Elementes dar. Die Aktuatoreffizienz

$$\frac{c_T}{c_s + c_T}$$

schwankt zwischen 0 und 1.

[0006] Je größer die Steifigkeit c_s ist, desto schlechter wird die Aktuatoreffizienz, das heißt, desto mehr geht sie gegen 0.

[0007] Genau die gleichen Gesetzmäßigkeiten gelten nicht nur für Translatoren, also Längsaktuatoren, sondern auch für Biegeaktuatoren.

[0008] Landeklappen von Flugzeugen sind sehr steife Bauteile, so dass bei ihnen genau diese Aktuatoreffizienz sehr schlecht wird. Es ist auch nicht einfach möglich, nun diese mangelhafte Effizienz einfach durch den Einsatz mehrerer Aktuatoren auszugleichen, da Aktuatormaterialien sich anders verhalten als der Rest der Struktur. Durch den Einsatz einer Vielzahl von Aktuatoren werden damit die Eigenschaften der Landeklappen insgesamt zu ihrem Nachteil verändert.

[0009] Die gleiche Problematik gilt natürlich für alle Bauteile, bei denen aufgrund ihrer hohen Steifigkeit Aktuatoren bisher nicht oder nur mit Nachteilen und Bedenken einge-

setzt werden konnten.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Bauteil mit einem integrierten Aktuator zu schaffen, das trotz dieser Problematik effektiv arbeitet.

[0011] Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 definierte Erfindung gelöst. Im Prinzip wird das Bauteil mit einer einseitigen Schwächung versehen. Diese Schwächung ist gezielt angeordnet und/oder ausgebildet. Weiterbildungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet.

[0012] Mit einer derartigen Konzeption ist ein asymmetrisch wirkender Aktuator möglich. Das Bauelement wird zwischen zwei Befestigungspunkten, zum Beispiel Verschraubungen oder bei Fowlerklappen (Klappenstützpunkten) "Tracks" geschwächt, beispielsweise durch einen Einschnitt. Das Bauelement wird in den Holm der Klappe, das ist der spannweite Längsträger, eingebaut. Dieser hat eine neutrale Faser. Der auf einer Seite der neutralen Faser des zu verformenden Bauelements infolge der Schwächung verbleibende Balkenquerschnitt wirkt als Biegefeder. Das dadurch entstehende Festkörpergelenk kann je nach Ausführungsform auf der Zugseite oder auch auf der Druckseite des Bauelementes ausgebildet werden. Der Aktuator wird jeweils auf der der so gebildeten Biegefeder gegenüberliegenden Balkenseite zur neutralen Faser angeordnet.

[0013] In Richtung der äußeren Belastung ist die Biegefestigkeit jetzt groß. In diesem Falle wirken nämlich die Steifigkeiten der Biegefeder und des Aktuators gemeinsam.

[0014] In Richtung der durch den Aktuator erfolgenden Krafteinleitung dagegen ist die Biegefestigkeit nur mehr gering, so dass die Aktuatoreffizienz groß wird.

[0015] Für den Fall eines Strukturversagens des Aktuators ist eine Sicherung nach dem fail-safe-Prinzip vorgesehen. Diese Sicherung kann beispielsweise die Form eines Anschlages haben, durch die ein Bruch des gesamten Bauelementes verhindert wird. Die Gestaltung dieses Anschlages sollte so erfolgen, dass sie auch bei einer entgegengesetzt zur Hauptbelastungsrichtung wirkenden Kraft eine Sicherungsfunktion übernehmen kann. Die Verbindung des Aktuators und der Struktur erfolgt kraftschlüssig, um eine Zugbelastung des Druckaktuators und eine Druckbelastung des Zugaktuators zu vermeiden.

[0016] Als Druckaktuatoren kommen zum Beispiel Piezo-Stapelaktuatoren (sog. Stacks), Hydraulikzylinder, elektrodynamische Aktuatoren und hydraulische oder elektrische Spindeltriebe in Frage.

[0017] Zugaktuatoren können dagegen bevorzugt durch Hydraulikzylinder, Spindeltriebe oder Drähte aus Formgedächtnislegierungen (sog. Shape-Memory-Alloys) realisiert werden.

[0018] Bezüglich der Hautanbindung wird dabei die Ausführungsform mit einem Zugaktuator bevorzugt. Hier kann die Haut über die gesamte Länge am Bauelement befestigt werden, da die ertragbaren Dehnungen der Haut im Allgemeinen mindestens genauso groß sind wie die des als Biegebalken funktionierenden Bauelementes.

[0019] Bei der Ausführungsform mit einem Druckaktuator wird die gesamte Hautdehnung ausschließlich im Bereich der Schwächung bzw. Aussparung oder des Einschnittes im Bauelement, also im Biegebalken, aufgebracht. Das führt dazu, dass dieser Bereich sehr groß sein muss, damit die zulässige Dehnung der elastischen Haut nicht überschritten wird.

[0020] Alternativ dazu kann die Hautanbindung auch so erfolgen, dass ein Längsgleiten rechts und links der Aktuatoraussparung bzw. des Einschnittes ermöglicht wird. Auf diese Weise wird der Bereich, in dem eine Dehnung der Haut erfolgen kann, vergrößert, ohne dass ein Ablösen der

Haut vom Bauelement bzw. Biegebalken erfolgt.

[0021] Im folgenden werden anhand der Zeichnungen mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung beispielsweise näher erläutert. Es zeigen:

[0022] Fig. 1 einen Querschnitt durch eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform der Erfindung;

[0023] Fig. 2 einen Querschnitt durch eine schematische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung;

[0024] Fig. 3 einen Querschnitt durch eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform der Erfindung;

[0025] Fig. 4 eine perspektivische Darstellung eines Landeklappensystems eines Verkehrsflugzeugs.

[0026] Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch ein als Balkensegment für ein Flugzeug ausgebildetes Element 1. Balkensegment bedeutet in diesem Fall, dass das Bauelement 1 zwischen zwei Befestigungspunkten 2 und 3 einen Balken 4 aufweist, der zwischen diesen Befestigungspunkten angeordnet ist. An seiner Oberseite weist das Bauelement 1 ein Haut 5 auf, die das Bauelement 1 überspannt. Haut 5 und Balken 4 haben üblicherweise zusammen eine Biegesteifigkeit C_s , wie sie der Struktur des Bauelementes angemessen ist. Das soweit beschriebene Bauelement 1 ist mit einer solchen einseitigen Schwächung 6, 61 versehen, dass sie nur noch einen Restbalken 7 aufweist und der verbleibende Restbalken 7 zusammen mit der Haut 5 als Biegefeder wirkt. Dadurch entsteht praktisch ein Bauelement 1 mit einem Festkörpergelenk. In dem Bereich der Schwächung 6 mit einer einseitigen Öffnung nach außen 61 ist ein in Längsrichtung des Bauelementes 1 wirkender Aktuator 8 eingefügt, der bei seiner Aktivierung gegen Seitenwände 9, 10 der Schwächung 6 drückt. Dadurch versucht der Aktuator diese Seitenwände auseinander zu drücken, wobei der Restbalken 7 als Festkörpergelenk wirkt. Der Balken 4 beinhaltet eine neutrale Faser 41, deren Verlauf die im Bereich der Schwächung 6 geändert ist. Bei der Biegung eines Bauteils (der Einfachheit halber wird im folgenden ein Balken betrachtet) entstehen auf der einen Seite (oben oder unten) Zug- und Druckspannungen. Wird ein horizontal liegender Balken nach oben gebogen (so wie der Holm einer Landeklappen unter Luftlast), so entstehen auf seiner Oberseite Druck- und auf der Unterseite Zugspannungen. Der Spannungsverlauf innerhalb des Balkens ist linear, d. h. die Zugspannungen der Unterseite gehen linear in die Druckspannungen der Oberseite über. Nach außen hin werden diese Beanspruchungen ggf. durch ein Knittern im Druckbereich und Querrisse im Zugbereich des Balkens sichtbar. Logischerweise muss innerhalb des Balkens ein Bereich existieren, in dem weder Druck- noch Zugspannungen vorhanden sind. Dieser Bereich heisst neutrale Faser. In einem dreidimensionalen Balken ist dieser spannungslose Bereich eine Ebene, nur bei einer 2D-Idealisierung kann man eigentlich von einer Faser sprechen. Handelt es sich um einen symmetrischen Balkenquerschnitt, so befindet sich die neutrale Faser in der Mitte des Profils, bei einem unsymmetrischen Querschnitt ist sie außermittig – zur biegesteiferen Querschnittseite hin verschoben.

[0027] Die Schwächung eines Bauelementes, in diesem Fall des Holmes, kann gezielt oder nicht gezielt erfolgen. Eine "nicht gezielte Schwächung" entsteht zum Beispiel durch das Versagen eines Holmteiles (Holmgurt oder Holmsteg) durch äußere Einwirkung (impact) oder Überbeanspruchung (Bruch, Reißen). Die Schwächung ist nicht beabsichtigt und wird auch bei der Auslegung eines Bauteils ausgeschlossen (entsprechende Dimensionierung!).

[0028] In Fig. 1 handelt es sich um eine "gezielte Schwächung", die auch in der Auslegung des Holms berücksichtigt wird. Der Holm wird im Druckbereich (bei einer Landeklappen auf der oberen Seite) mit einem Schlitz versehen.

Dieser reicht hinunter bis zur neutralen Faser 41, d. h. bei einem symmetrischen Holm bis zur Mitte. Der Schlitz wird nachträglich in den Holm eingebracht, da eine Fertigung des Holmes mit einem Schlitz erheblich aufwendiger ist – daher "gezielte Schwächung".

[0029] Der Aktuator 8 ist im Bereich der Schwächung 6 zwischen der fiktiven neutralen Faser 41 und dem einseitigen Schlitz 61 der Schwächung 6 angeordnet. Die Biegesteifigkeit des Bauelementes nach außen, also in Richtung der äußeren Belastung, ist groß, da in diesem Fall die Steifigkeiten des Restbalkens 7, also der Biegefeder, und des Aktuators 8 gemeinsam wirken. Die Wirksamkeit des Aktuators 8 ist um so größer, je länger sein Hebelarm bezüglich des Restbalkens 7 ist. Die Unterbringung des Aktuators 8 erfolgt daher auf der der Biegefeder gegenüberliegenden Balkenseite. Für den Fall eines Strukturversagens des Aktuators 8 ist eine Sicherung 11 in Form eines Anschlages vorgesehen, durch die Bruch des Balkens 4 bzw. des Restbalkens 7 verhindert wird, wodurch das sogenannte fail-safe-Prinzip angewendet wird. Der Anschlag 11 ist so ausgebildet, dass er auch bei einer entgegengesetzt zur Hauptbelastungsrichtung wirkenden Kraft eine Sicherungsfunktion übernehmen kann. Die Verbindung des Aktuators 8 und der Struktur des Bauelementes 1 ist kraftschlüssig, um eine Zugbelastung des Druckaktuators 8 zu vermeiden. Als Druckaktuatoren 8 kommen Piezo-Stapelaktuatoren (sogenannte Stacks), Hydraulikzylinder, elektrodynamische Aktuatoren und hydraulische oder elektrische Spindeltriebe in Frage. Der Anschlag 11 wirkt in beiden Seiten, weil er doppelseitig ausgebildet ist. Das geschieht dadurch, dass der durch den Schlitz 61 gebildete Rest des auf dieser Seite der neutralen Faser 41 liegenden Balkens 4 eine Nut 42 und einen hakenförmigen Vorsprung 43 aufweist, wohingegen aus der Seitenwand 10 ein hakenförmiger Vorsprung 44 vorsteht, der in die Nut 42 eingreift. Es ist unschwer zu erkennen, dass bei einer übermäßigen Biegung des Bauelementes 1 um den Restbalken 7 das eine hakenförmige Teil gegen die Wandung 10 und das aus der Wandung 10 hervorstehende Hakenteil 44 gegen die Wandung der Nut 42 stößt. Bei Biegung des Bauelementes 1 um den Restbalken 7 in der anderen Richtung verhaken sich die beiden Haken 43 der Nut 42 und 44 des Vorsprungs aus der Wandung 10 gegeneinander.

[0030] Fig. 2 zeigt eine andere Ausführungsform der Erfindung mit einem Bauelement 1, bei dem der Aktuator 8 als Zugaktuator ausgebildet ist und in den beiden Teilen des Balkens 4 kraftschlüssig eingesetzt ist. Bei diesem Zugaktuator 8 ist der Restbalken 7 von der Haut 5 bedeckt, wohingegen der Zugaktuator 8 auf der der Biegefeder 7 gegenüberliegenden Seite der neutralen Faser 41 im Bereich der Schwächung 6 angeordnet ist. Auch der Anschlag 11 mit seinen hakenförmigen Vorsprüngen ist auf der der Biegefeder gegenüberliegenden Seite der Schwächung 6 angeordnet. Auch in Fig. 2 ist die Verbindung von Aktuator 8 mit der Struktur des Bauelementes 1 kraftschlüssig, um eine Druckbelastung des Zugaktuators 8 zu vermeiden. Zugaktuatoren können durch Hydraulikzylinder, Spindeltriebe oder Drähte aus Formgedächtnislegierungen (SMA) realisiert werden. Bezüglich der Hautanbindung 5 an das Bauelement 1 ist die Ausführungsform mit dem Zugaktuator 8 günstiger. Hier kann nämlich die Haut 5 über die gesamte Länge am Balken 4 befestigt werden, da die ertragbaren Dehnungen der Haut im Allgemeinen mindestens so groß sind wie die des Biegebalkens 7. Bei der Ausführungsform mit Druckaktuator 8 wird die gesamte Hautdehnung ausschließlich im Bereich der Aussparung im Balken 7 aufgebracht. Das führt dazu, dass dieser Bereich sehr groß sein muss, damit die zulässige Dehnung der Haut nicht überschritten wird. Alternativ kann die Hautanbindung auch so erfolgen,

dass eine Längsgleiten rechts und links der Aktuatorausparung ermöglicht wird. Auf diese Weise wird der Bereich, in dem eine Dehnung der Haut erfolgen kann, vergrößert, ohne dass ein Ablösen der Haut vom Biegebalken 7 erfolgt.

[0031] Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer dritten Ausführungsform der Erfindung, die – wie Fig. 1 – sich eines Druckaktuator 8 bedient. In Fig. 3 ist ein aktives Balkensegment mit einem ein Piezo-Stapelelement aufweisenden Aktuator 8 dargestellt. Mit einem solchen Piezo-Stapelaktuator 8 kann die Ausführungsform gemäß Fig. 1 noch einmal unterteilt werden. Ein solcher Piezo-Stapelaktuator ist beidseitig mit einer Stützfederung 12, 13 versehen. Die Belastung des Bauelementes 1 in Fig. 3 ist durch den Pfeil 14 neben dem Bauelement angedeutet. Die Stützfeder 13 in Fig. 3 ist sehr steif ausgeführt und dient bei hohen äußeren Belastungen zur Entlastung des Aktuator 8. Der Aktuator 8 ist zu diesem Zweck so ausgelegt, dass er bei hinreichender Festigkeit im Betriebslastfall die erforderlichen Verformungen erzeugen kann. Die Stützfeder 13 dient somit nur im Maximal-Lastfall zur Entlastung des Aktuator. Die beiden Stützfeder 12, 13 sind in Fig. 3a im Detail dargestellt. In Fig. 3 besteht der Restquerschnitt (Biegefeder) nur noch aus dem im oberen Balkenrand zu sehenden, in der Skizze ca. 5 mm breiten Balkenrest. Der Balken ist an dieser Stelle also entsprechend geschwächt. Der Schlitz (61) ist die lange Doppellinie, ca. 5 mm vom oberen Balkenrand entfernt (in der Skizze), die direkt rechts am Aktuator vorbei bis zum unteren Balkenrand geht. Der Aktuator stützt sich über diesen Schlitz hinweg am anderen Balkenende ab.

[0032] In Fig. 3b sind die beiden Stützfeder 12, 13 durch ein Vorspannfedergehäuse 15 dargestellt. In diesem Gehäuse ist eine weiche Vorspannfeder 16 angeordnet, die fest mit den beiden Strukturteilen 17 und 18 verbunden ist. Sie erzeugt aufgrund ihrer Vorspannung ein der äußeren Belastung entgegengerichtetes Moment. Durch das Vorspannfedergehäuse 15 wird im Fall fehlender äußerer Belastung die Verformung begrenzt. Der durch die Vorspannfeder 16 entlastete Aktuator 8 ist hierbei so ausgelegt, dass er bei hinreichender Festigkeit die erforderlichen Verformungen erzeugen kann. Da sich die Steifigkeit der Vorspannfeder zur Steifigkeit der weichen Biegefeder addiert, ist darauf zu achten, dass jene besonders weich ausgeführt, oder dass beide aufeinander abgestimmt werden.

[0033] Neben einer Aktuatorik für Biegeverformungen sind in ähnlicher Form auch Aktuatoren für andere Verformungsarten wie zum Beispiel Torsion oder eine Kombination von Biegeverformung und Torsion denkbar. Die Federn können mit verschiedenen Kennlinien, nämlich linear, degressiv oder progressiv, ausgeführt werden. Ein aktives Balkensegment, das heißt ein Balkensegment mit Aktuator, kann als selbständige Baueinheit ausgebildet werden, das mit Struktureinheiten eines Flugzeuges wie Landeklappen, Flügel usw. eingesetzt werden kann. Da bei der Verwendung eines Piezo-Stapelaktuator eine Druckvorspannung vorzusehen ist, kann in diesem Fall der Anschlag 11 entfallen, wenn das Aktuatorgehäuse die Aufgaben des Anschlages übernimmt. Die Steifigkeit des Gehäuses muss in diesem Falle genauso groß sein wie die Steifigkeitsverminderung aufgrund des Ausschnittes. Der Wirkungsgrad, des Piezo-Aktuator 8 beträgt mit dieser Vorspannung noch 50 bis 60%. Bei einem Zugaktuator ist der Anschlag unerlässlich.

[0034] Die Bauelemente in den Fig. 3a und 3b stellen den eigentlichen, vorgespannten Aktuator dar – das massive Teil in der Mitte ist der Piezostack, und die Federn oben und unten dienen zur Vorspannung desselben. Am linken Ende ist der Aktuator fest mit der Holmstruktur verbunden. Das rechte Ende stützt sich über den Schlitz an der Holmstruktur ab und verbiegt beim Ausdehnen auf diese Art und Weise

den Holmrestquerschnitt (Biegefeder).

[0035] Die gezielte Schwächung (Schlitz) ist hier vertikal rechts des Aktuator 8 und horizontal oberhalb des Aktuator angeordnet. Die Biegung erfolgt daher in diesem Falle am linken Rand der Biegefeder 7. Die Schwächung geschah über die neutrale Faser des Holmes hinweg (vorausgesetzt es handelt sich um einen symmetrischen Querschnitt, die neutrale Faser des Restquerschnittes (Biegefeder) befindet sich in dessen Mitte.

[0036] Die Stärke der Federn (Federkonstante) hängt von der zu erwartenden Belastung und dem eigentlichen Piezoaktuator (Stack) ab. Die Federn sind zur Druck-Vorspannung des Piezoaktuator erforderlich, da dieser auf keinen Fall auf Zug beansprucht werden darf.

[0037] Einsatzorte für die soweit beschriebene Erfindung sind alle aktiven Systeme mit einer dominanten Belastungsrichtung, bei denen der Einsatz einer als Baueinheit ausgeführten Aktuatorik mit hoher Steifigkeit und großem Verformungspotential Sinn macht.

[0038] Fig. 4 zeigt die perspektivische Darstellung eines Landeklappensystems eines Verkehrsflugzeuges, bei dem eine Klappenstruktur mit kontrollierbarer Deformation als adaptive Biegesteifeklappen vorgesehen ist. Die ausfahrbaren Landeklappensysteme (Fowlerklappen) moderner Verkehrsflugzeuge unterliegen im ausgefahrenen Zustand einer besonderen Beanspruchung. Neben den aerodynamischen Luftlasten, die sich je nach eingestellter Klappenposition ändern, treten auch Manöverlasten auf, die zu einer elastischen Verformung (Biegung und Torsion) der Klappe beitragen. Aus aerodynamischer Sicht werden an das Verformungsverhalten der Klappen besondere Anforderungen gestellt, denen strukturellmechanisch durch die Anordnung und Anzahl der Tracks (Klappenstützpunkte) Rechnung getragen werden muss. Durch Verwendung der in den Fig. 1 bis 3 beschriebenen Erfindung lässt sich ein integriertes multifunktionales Aktuatorsegment entwickeln, mit dem die strukturelle Steifigkeit der Klappe virtuell erhöht werden kann, um dadurch die Anzahl der notwendigen Stützstellen (Tracks) auf ein Minimum zu reduzieren. Das beschriebene Bauelement ist im Holm 19 der äußeren Fowlerklappe 20 eingebaut. Die betreffende Klappe 20 ist in Fig. 4 ausgefahren und schraffiert dargestellt (ganz links unten im Bild, an der Flügelhinterkante). Im Moment ist sie auf drei Klappenstützpunkten 21, 22, 23 (Tracks) gelagert, wie in Fig. 4 zu sehen ist. Es ist nun geplant, dass der mittlere Klappenstützpunkt 22 entfernt wird. Um auch weiterhin die gewünschte Verformung zu erhalten, ist der Einsatz des besagten Bauelementes 1 an der Stelle des mittleren Tracks 22 geplant. Dieses Bauelement 1 wird in den Holm 19 (spannweitiiger Längsträger) der Klappe 20 eingebaut und sorgt dort für die gewünschte Biegeverformung. Das Bauelement 1 wird in den in Spannweitenrichtung laufenden Holm 19 eingebaut und verformt die Klappe 20 auch in Spannweitenrichtung. Ziel ist es, dass sich die Klappe 20 genauso verbiegt wie der eigentliche Flügel 17 (qualitativ und quantitativ). Mit Hilfe dieser integrierten Aktuatorik 1 ist die Möglichkeit gegeben, unerwünschte Biegeverformungen zu kompensieren. Hierdurch kann die Klappenverformung, das heißt die Verschiebungen der Klappenvorderkante, derart an die Hauptflügelhinterkantenverformung angepasst werden, dass sich ein aus aerodynamischer Sicht optimaler Spalt einstellt. Durch den Einsatz eines solchen Aktuatorsegmentes 1 ist es zugleich möglich, die durch wechselnde Luftkräfte verursachten Klappen vibrationen aktiv zu mindern. Der Einsatz eines solchen Aktuatorsegmentes 1 ist zudem an allen Steuerflächen eines Flugzeuges mit ähnlicher Problemstellung denkbar. Der Einsatz eines solchen Aktuatorsegmentes ist im Besonderen auch in der Vorderkantenklappe 18 (auch Vorflügel

genannt) möglich. Der Aktuator 8 kann aus Piezokeramik bestehen. Dieser braucht eine elektrische Spannung zum Arbeiten, welche über eine entsprechende flexible Zuleitung (Kabel) eingespeist wird. Auch der Einsatz eines Aktuators aus Formgedächtnislegierung (ebenfalls Stromzufuhr erforderlich) oder ein Hydraulikaktuator (Hydraulikleitung) wäre denkbar. Beide Energieversorgungen haben Vor- und Nachteile. Der Hydraulikaktuator selber kann nur sehr begrenzt für eine dynamische Anregung verwendet werden, die Versorgung mit Hydraulikdruck ist aufgrund des sowieso vorhandenen Hydrauliksystems im Flugzeug jedoch kein Problem. Der Piezoaktuator braucht entsprechende Verstärker zur Ansteuerung. Diese bedeuten auch Mehrgewicht und Mehrkosten, der Aktuator selber hat aber vom Einsatzspektrum her gewisse Vorteile.

[0039] Grundsätzlich sind alle Anwendungen, bei denen es auf eine Verbiegung ankommt, für den Einsatz dieses Bauelementes 1 geeignet. Vorteilhaft ist allerdings eine primär einseitig wirkende Kraft, da die Biegefeder einseitig angeordnet ist. Ein solcher Einsatzbereich wären z. B. Schalter jeglicher Art.

[0040] Grundsätzlich müssen die Bauteile keine standardisierten Abmessungen haben, da die individuell an das vorhandene Problem angepasst werden. Es ist aber durchaus denkbar und möglich, Standardabmessungen für gewisse Einsatzbereiche vorzusehen.

Bezugszeichenliste

1 Bauelement	30
2, 3 Befestigungspunkte	
4 Balken	
5 Haut	
6 Schwächung	
61 Schlitz	35
7 Restbalken	
8 Aktuator	
9, 10 Seitenwände (der Schwächung)	
11 Sicherung, anschlag	
12 Stützfeder	40
13 Stützfeder	
14 Pfeil	
15 Gehäuse (Vorspannfeder)	
16 Vorspannfeder	
17 Hauptflügel	45
18 Vorflügel	
19 Holm der Klappe	20
20 Klappe	
21 Klappenstützpunkt (Track)	
22 Klappenstützpunkt	50
23 Klappenstützpunkt	
41 neutrale Faser	
42 Nut	
43 hakenförmiger Vorsprung	
44 Vorsprung (Hakenteil)	55

Patentansprüche

1. Bauelement mit steuerbarer Verformung, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine einseitige, gezielte Schwächung (6, 61) zwischen zwei Befestigungspunkten (2, 3) und ein integrierter Aktuator (8) im Bereich der Schwächung (6, 61) vorgesehen sind.
2. Bauelement nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schwächung ein Einschnitt (61) ist.
3. Bauelement nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der im Bereich der Schwächung (6, 61) angeordnete Aktuator (8) auf die senk-

recht zur neutralen Faser (41) liegende Seite (9, 10) der Schwächung (6) Druck oder Zug ausübt.

4. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Aktuator (8) in dem Bereich der Schwächung (6) seitlich der neutralen Faser (41) angeordnet ist, der der durch die Schwächung gebildeten Biegefeder (7) gegenüberliegt.

5. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der der Biegefeder (7) gegenüberliegenden Seite der Schwächung (6) eine Sicherung (11) vorgesehen ist, die bei Ausfall des Aktuators (8) wirksam wird und im Wesentlichen seine Steifigkeit ersetzt.

6. Bauelement nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Sicherung (11) ein Anschlag ist.

7. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Aktuatoreffizienz durch eine geringe Steifigkeit des Bauelements (1) infolge der Schwächung (6, 61) und durch Abstand des integrierten Aktuators (8) von der neutralen Faser (41) auf der der Biegefeder (7) abgewandten Seite erhöht wird.

8. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass es auf der der Biegefeder (7) gegenüberliegenden, zur Bildung der Schwäche geschützten Seitenfläche mit einer Haut versehen ist, und dass der Aktuator zwischen dieser Seitenfläche und der neutralen Faser (41) angeordnet und als Druckaktuator ausgebildet ist.

9. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass es auf der der Seite der Biegefeder (7) mit einer Haut (5) versehen ist, und dass der Aktuator (8) zwischen der der Haut (5) gegenüberliegenden Seitenfläche und der neutralen Faser (41) angeordnet und als Zugaktuator ausgebildet ist.

10. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Aktuator (8) ein oder mehrere Stützfeder zur Vorspannung zugeordnet sind.

11. Bauelement nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass Aktuator (8) und Stützfeder so bemessen sind, dass die Stützfeder im Maximallastfall den Aktuator (8) entlastet.

12. Bauelement nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Stützfeder als Gehäuse für eine weiche Vorspannung bewirkende Feder ausgebildet ist und dass die Länge des Gehäuses geringer ist als die Länge des Aktuators (8).

13. Flugzeug mit einem Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bauelement (1) in Längsrichtung des Flügels eingesetzt ist.

14. Flugzeug mit einem Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bauelement (1) quer zur Längsrichtung des Flügels einsetzbar ist.

15. Flugzeug mit einem Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bauelement (1) in eine Landeklappe einsetzbar ist.

16. Flugzeug nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bauelement (1) in einen Holm einer äußeren Fowlerklappe eingesetzt ist.

17. Flugzeug nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Bauelement (1) in den in Spannweitenrichtung laufenden Holm eingesetzt ist.

18. Flugzeug nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet**,

dass das Bauelement (1) bei einer Klappe mit mehreren Klappenstützpunkten am Ort eines mittleren Klappen-

stützpunktes angeordnet ist, und
dass dieser Klappenstützpunkt durch das Bauelement
ersetzt ist.

Hierzu 3 Seite(n). Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

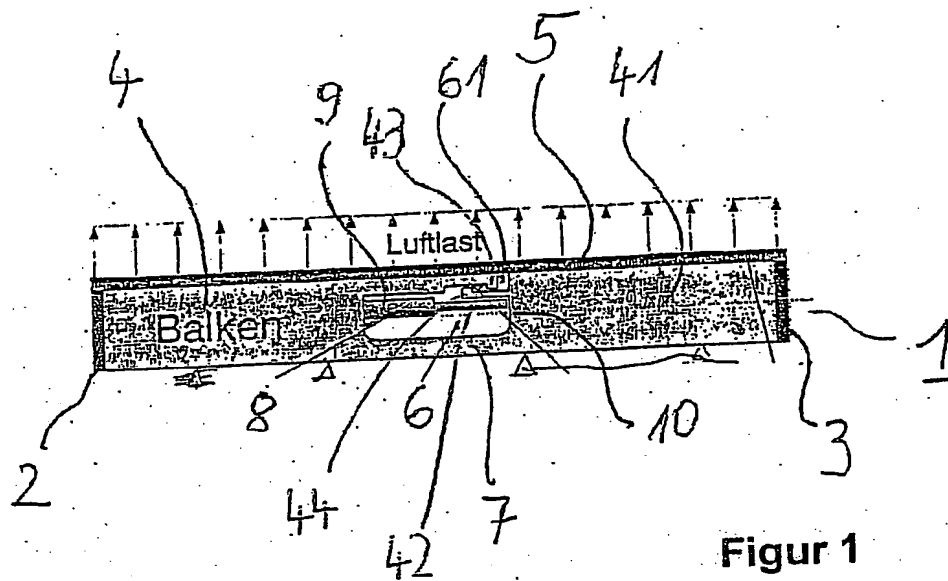
45

50

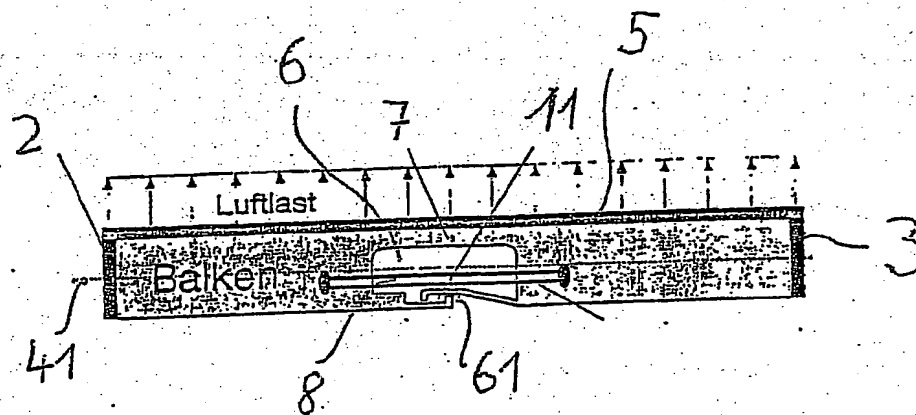
55

60

65



Figur 1



Figur 2

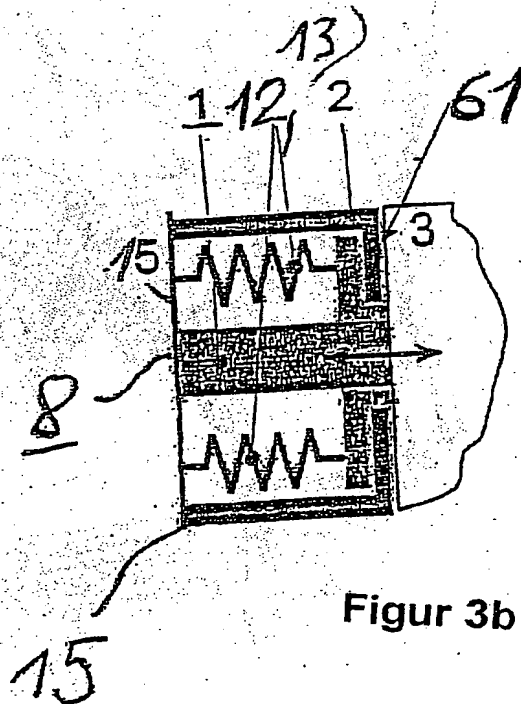
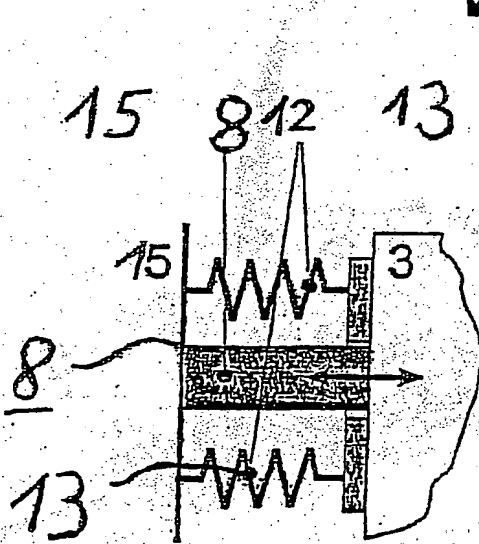
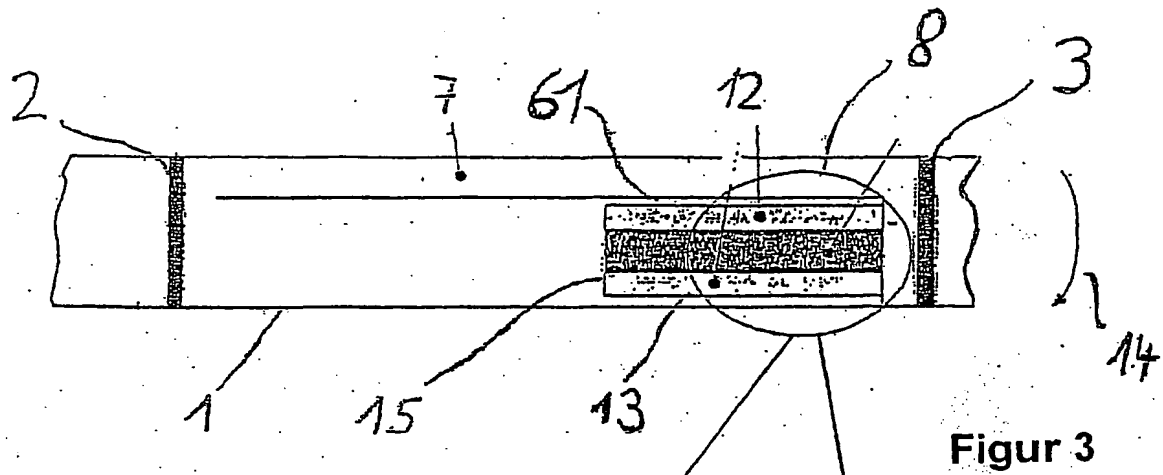
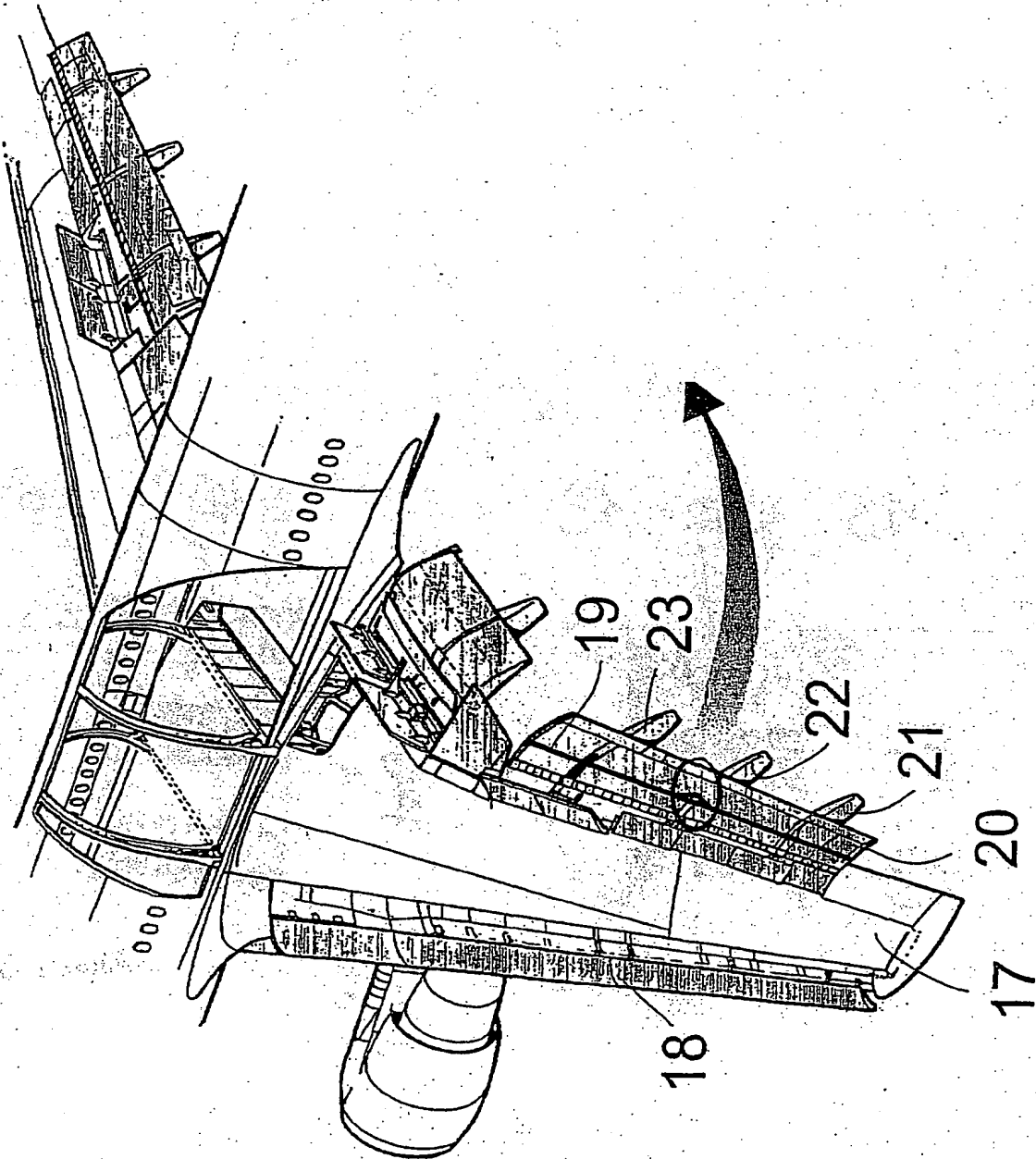


Fig. 4



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.